



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

电工学 I

电路与电子技术

(第二版)

■ 侯世英 周静 主编

高等教育出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划

电工学 I

电路与电子技术

(第二版)

■ 侯世英 周静 主编

高等教育出版社·北京

内容提要

“电工学”课程是高等学校非电类专业重要的技术基础课,《电工学 I (电路与电子技术)》(第二版)为系列教材的第 1 册,全书包括三个部分:电路分析基础(第 1~4 章)、模拟电子技术基础(第 5~8 章)和数字电子技术基础(第 9~12 章)。教材内容尽可能全面地涵盖电路分析基础、模拟电子技术、数字电子技术三个部分的基本概念、基本定律和基本原理,以及应用所需的基本方法和基本技术,各章节中部分内容以“*”号标示,便于针对不同的教学需求进行选择。教材中每一章的起始部分给出了基本教学要求,结束部分编写了学习指导,进行重点、难点及典型例题讲解,同时给出了每一章节对应的英文标题以及重要术语的英文名词,供使用者参考,希望有助于提高在有限学时内的学习效果。教材附有 Multisim 仿真软件的简单使用说明,并将其应用贯穿于各章节的例题和习题中,使读者能在应用中增强分析问题和解决问题的能力。教材有配套数字课程,内容有多媒体电子教案、各章主要例题的 Multisim 电路仿真、课后习题参考解答、应用教学案例视频等。

本书内容兼顾了基础性和应用型,其编写力求同时满足教和学的双向需求,符合高校理工科非电类专业本专科学生学习使用,也可作为自学考试和各种成人教育的教材或参考书。本书对于相关工程技术人员也是一本实用的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电工学. I, 电路与电子技术 / 侯世英, 周静主编
——2 版. ——北京: 高等教育出版社, 2017. 2
ISBN 978-7-04-047127-4

I. ①电… II. ①侯… ②周… III. ①电工学—高等学校—教材②电路理论—高等学校—教材③电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 321279 号

电工学 I ——电路与电子技术(第二版)

Diangongxue I ——Dianlu yu Dianzi Jishu(Di-er Ban)

策划编辑	金春英	责任编辑	王莉莉	封面设计	于文燕	版式设计	王艳红
插图绘制	杜晓丹	责任校对	张小镭	责任印制	朱学忠		

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www. hep. edu. cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www. hep. com. cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www. hepmall. com. cn
印 刷	高教社(天津)印务有限公司		http://www. hepmall. com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www. hepmall. cn
印 张	29.25	版 次	2007 年 8 月第 1 版
字 数	710 千字		2017 年 2 月第 2 版
购书热线	010-58581118	印 次	2017 年 2 月第 1 次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	50.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 47127-00

与本书配套的数字课程资源使用说明

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社易课程网站，请登录网站后开始课程学习。

一、网站登录

1. 注册/登录 <http://abook.hep.com.cn/1232976>，点击“注册”。在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”界面。

2. 课程绑定 点击“我的课程”页面右上方“绑定课程”，按网站提示输入教材封底防伪标签上的数字，点击“确定”完成课程绑定。

3. 访问课程 在“正在学习”列表中选择已绑定的课程，点击“进入课程”即可浏览或下载与本书配套的课程资源。刚绑定的课程请在“申请学习”列表中选择相应课程并点击“进入课程”。

账号自登录之日起一年内有效，过期作废。

使用本账号如有任何问题，请发邮件至：abook@hep.com.cn



① 重要通知



电工学I（电路与电子技术）

理工出版中心

电工学I（电路与电子技术）数字课程与纸质教材一体化设计。数字课程涵盖数字课程介绍、主教材全部12章内容的电子讲稿（PPT文件）、电路仿真文件、课后习题参考解答、教学案例视频等板块。充分运用多种形式媒体资源，极大地丰富了知识的呈现形式，拓展了教材内容。在提升课程教学效果同时，为学生学习提供思维与探索的空间。

用户名: 密码: 验证码: 4480 忘记密码? 注册 ☐ 记住我(30天内免登录)

课程教材

版权信息

联系方式

课程教材



电工学I——电路与电子技术（第2版）

作者：侯世英 周静 主编

出版时间

ISBN: 978-7-04-047127-4

高等教育出版社 版权所有 京ICP备12020869号-1 京ICP证150856号 京公网安备110102000459-1

<http://abook.hep.com.cn/1232976>

二、配套教学资源包含的文件内容及使用说明：

1. PPT 电子讲稿

书中全部教学内容的电子讲稿（PPT 文件），可供教师授课使用，或学生学习复习课程使用。

2. Multisim 电路仿真文件

书中各章主要例题的 Multisim 电路仿真文件。

3. 课后习题参考解答

各章课后所有习题的参考解答（PDF 文件）。

4. 教学案例视频

部分与日常生活相关的应用教学案例视频短片（mp4 文件）。

第二版前言

“电工学”课程是高等院校为各类理工科专业学生开设的一门技术类基础课程。随着信息时代的蓬勃发展,电工电子技术已经成为理工科专业人才培养体系中最重要技术基础之一。作为技术基础课程,理论与实践并重是“电工学”课程最为典型的特征。首先,作为基础课,课程教学需强调其基础性作用,不仅要系统学习基本理论,而且要具备在一定的范畴内对基本理论进行转换、延伸的能力;其次,作为技术课,不仅要具备基本知识、基本技能的应用能力,更多地还要强调为学科交叉应用提供必要的接口,为适应新技术的发展奠定基础。

现有的大部分技术类基础课程教学均是以盖全为目标,即希望把所有认为有用的基础理论、基本方法以及基本技术完全教授给学生,并在理论与实践教学两个方面实现“厚基础”和“强能力”的目标。但是,在现有的学分制体制下,在有限的学时内,要妥善地完成这两方面的任务是非常困难的。在国外,类似的工程技术类课程中工程实验所占学时远远大于我国同类课程,大部分技术基础课程是通过工程实验和设计性实验环节进行学习的。这不仅有利于解决课程“内容多,学时少”的矛盾,而且更符合能力培养的教学目标。为此,在重庆市精品课程建设和重庆大学大平台课程建设项目的支持下,本课程组提出“强化实验教学,精品化理论教学”的课程教学改革思路,并把该改革理论贯彻于教材建设中,对原有教材进行了大幅修订,从而编写了该套新的《电工学》教材。

在教材的编写过程中,编者主要体现了以下几个思想:

1. 基础性原则。“电工学”课程作为技术基础课,其本质上还是基础课,不能违背基础性的原则,所以在内容上采纳几十年来形成的经典内容模块,力求包括基本概念、基本定律和基本原理,以及应用所需的基本方法和基本技术,在语言上尽量删繁就简,便于阅读学习。

2. 应用性原则。教材内容上将弱化部分经典理论的推导和分析,更加注重基本器件和基本电路的构成、外特性及应用;教材的举例分析、案例阐述尽量与生活、生产相联系;通过必要的例题、习题,对仿真分析和应用加以强调。

3. 适应性原则。考虑到“电工学”课程的教学对象包括各类理工专业的学生,则存在“授课对象的专业不同、人才培养目标不同”等实际情况,以及多数院校都对“电工学”课程的教学学时进行了较大幅度的压缩,课程教学面临“内容多,学时少”的矛盾,本教材内容上尽可能全面地涵盖电路分析基础、模拟电子技术、数字电子技术三个模块的基本内容,但在各章节中部分选修内容以“*”标示,便于针对不同的需求进行教学内容选择,使教材具有更广泛的适应性。

具体来说,教材做了如下改进:

1. 教材内容共12章,第1~4章(孙韬、侯世英执笔)为电路分析基础部分内容,第5~8章(周静执笔)为模拟电子技术基础部分内容,第9~12章(熊兰执笔)为数字电子技术基础部分内容。与之前版本的教材相比,电路分析基础部分在保持原有知识结构体系的基础上,将三相电路单列为一章,增加了安全用电的内容,以突出其在日常生活中的重要性;在行文中引入了诸多

“小故事”,介绍元件、理论的来龙去脉或实际生产、生活中的应用等,使教材在纯粹的理论分析中增添了生动的色彩。模拟电子技术基础部分以器件的外特性为基础、以基本电路为中心,介绍各种常见的应用电子电路,并把模拟电子电路的基本分析方法贯穿其中;弱化了器件内部的工作原理及理论分析,降低了对分立元件电路的理论要求,强调了集成运放的特性及其各种运用电路,包括运算电路、信号转换电路、有源滤波电路、比较电路、信号发生电路等。数字电子技术基础部分,考虑到与工程实践更紧密的结合,补充了关于各种常见集成块及其应用的内容,在组合逻辑电路的设计中增加了关于竞争-冒险现象的阐述。在数模和模数转换部分,不仅介绍了DAC和ADC的基本原理,还增加了集成DAC和ADC及其应用的内容。这些内容不仅使教材更加丰满,而且更有益于与实践教学相结合。考虑到不同的开课对象对内容有不同的教学要求,以“*”号标示选修内容。

2. 教材编写上,也做了众多有益改进。首先,结合高等教育国际化的趋势,教材中给出了每一章节对应的英文标题,以及重要术语的英文名词,有利于有需要的学生参看外文教材;其次,教材中每一章的起始部分,给出了本章的教学基本要求,供教学人员和学生参考;教材中,在每一章的结束部分编写了学习指导,通过重点、难点及典型例题讲解,尽可能地给学生更多指导,希望有助于提高在有限教学学时的教学效果;最后,每一章的习题按基本概念题、简单计算题和综合应用题三个类型编写,基本概念题可做课前预习题目,而部分综合应用题则可做课后讨论题目,便于实施教学安排。

本教材有配套数字课程,访问 <http://abook.hep.com.cn/1232976> 即可浏览或下载与本书配套的课程资源进行学习。

本教材是重庆大学电工学课程组教学研究和教学改革成果的体现,是集体智慧的结晶,参与教材编写和提出修改建议的均是长期从事“电工学”课程教学的一线教师,经过大家孜孜不倦的辛勤劳动,几度修改,才使得教材成功地呈现在读者的面前,在此向课程组所有教师致敬。整个教材最后由侯世英和周静负责统稿与修改,实验室的张立群、李利、串禾、巫宣文和肖馨为教材交稿前做了最后的检查,在此表示真诚的感谢。本教材由华南理工大学的殷瑞祥教授审稿,殷教授不仅在审稿中,而且在整个教材建设过程中都对教材提出了诸多的宝贵意见,在此对殷教授长期以来的支持表示由衷的感谢!

重庆大学《电工学》教材编写组

2016.7.30 于重庆

第一版前言

“电工学”是高等学校非电类专业重要的技术基础课,随着科学技术的不断发展,课程教学内容在不断扩大;而由于各学校教学计划和培养计划的调整,课程的学时在不断压缩,造成了内容多与学时少之间矛盾的加剧。另一方面,由于“电工学”课程教学对象的多样化,各个专业在教学中的要求也不尽相同。为了规范教学,教育部 2003 年开始重新对基础课程制定教学基本要求,2004 年 8 月教学指导委员会提出了新的“电工学”教学基本要求草案。

按照新的教学基本要求,“电工学”课程教学基本要求分为最低基本要求和可选基本要求两部分。最低基本要求是各专业、学科都必须达到的教学合格标准,而可选部分则应根据专业培养计划的要求,选择适当模块组织课程教学大纲。

随着科学技术的不断发展,各学科之间的相互联系进一步加强,“电工学”课程已经不再只是非电类工科学生的技术基础课,而成为不少理科专业的必修课程。所以,各高校开设“电工学”课程的专业和学科也就越来越多,只是根据学科的不同,选择不同的部分学习。目前,主要的课程类别有既包含电路理论和电子技术,又包含电机控制与应用的“电工学”或“电工电子技术”和只含电路理论和电子技术的“电路与电子技术”或“电路与模拟电子技术”。虽然都是根据同一个教学基本要求进行教学,但由于课程内容有差异,学时上有区分,给开设“电工学”课程带来很多困难。

针对新的教学基本要求,结合不同专业开设课程的内容选择,我们将“电工学”课程内容按模块分类编写教材。将电路和电子技术内容放在第 1 册,这样不仅方便了开设“电路与电子技术”课程的学生,也适用于开设“电工电子技术”课程的学生;将电力电子技术基础、变压器、电机及传动控制、电工测量、安全用电等内容放在第 2 册,以满足不同专业的需要。编写中,将 EDA 的应用穿插在各章节中,使学生边学边用,学以致用,既可节省学时,又可提高学习效率。另外,在可选内容章节前加“*”号,方便教学和自学时区分与取舍。

全套教材共 3 册:《电工学 I——电路与电子技术》、《电工学 II——电机及电气控制》、《电工学实验》。本书为第 1 册:《电工学 I——电路与电子技术》,全书共 10 章。第 1 章 电路的基本概念和基本分析方法;第 2 章 正弦交流电路;第 3 章 一阶电路的瞬态分析;第 4 章 半导体电路基础;第 5 章 集成运算放大器及应用;第 6 章 直流稳压电源;第 7 章 信号产生电路;第 8 章 门电路与组合逻辑电路;第 9 章 触发器和时序逻辑电路;第 10 章 数模和模数转换。主要针对“电路理论和电子技术”部分课程的最低教学基本要求组织内容,满足各专业电工学基础教学的需要,适合于针对理科专业开设的“电路与电子技术”课程教学。也是构成工科非电类专业“电工学”课程的一部分。

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材;教材编写大纲在多所学校老师共同讨论的基础上制定,由重庆大学侯世英担任主编。侯世英编写第 1、2、5 章;重庆大学李昌春编写第 3 章,熊兰编写第 6、7 章,彭文雄编写第 9 章;重庆邮电大学何丰编写第 4 章;昆明理工大学谢实编

写第8章;四川大学雷勇编写第10章。全书的EDA内容由清华大学段玉生编写。

在编写过程中,编者认真总结多年教学经验,学习参考了国内外同类和相关教材及著作,以培养学生分析问题和解决问题能力、提高学生素质为目标,注重基本概念、基本原理、基本方法的论述,使学生既能掌握好基础,又能启发思考、开阔视野。文字叙述力求简明扼要,便于自学。

在教材的编写与试用工作中,重庆大学吕厚余教授对教材初稿进行了仔细地阅读,提出了很多宝贵的修改意见;重庆大学全体电工学教研室的老师在试用中也对教材进行了认真的讨论,并提出了很多建设性的建议。在此一并表示衷心感谢。

本书由华南理工大学殷瑞祥教授主审,殷教授在百忙中仔细审阅了全部书稿,提出了很多宝贵意见,并为书稿的错漏之处作了具体修正。在此向殷教授表示深深的谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编者

2007年3月于重庆

目 录

第 1 章 电路的基本概念和基本分析

方法	1
1.1 电路的基本概念	3
1.1.1 电路的功能及组成	3
1.1.2 电路的基本物理量及参考方向	5
1.2 电路的基本定律	9
1.2.1 常用名词介绍	10
1.2.2 基尔霍夫电流定律	10
1.2.3 基尔霍夫电压定律	11
1.3 理想电路元件	12
1.3.1 电阻元件	12
1.3.2 电容元件	13
1.3.3 电感元件	15
1.3.4 电压源	17
1.3.5 电流源	18
1.3.6 受控电源	19
1.3.7 简单电路的分析计算	20
1.4 电路的等效化简分析方法	22
1.4.1 电阻串并联的等效变换	22
1.4.2 电源的等效变换	24
1.4.3 等效电源定理	30
1.5 电路的其他分析方法	35
1.5.1 支路电流分析法	35
1.5.2 弥尔曼定理	36
1.5.3 叠加定理	38
学习指导	39
习题	44
第 2 章 正弦交流电路	51
2.1 正弦交流电的基本概念	52
2.1.1 正弦量的三要素	53
2.1.2 正弦量的相量表示	55
2.2 单一元件的正弦交流电路	56
2.2.1 电阻元件的正弦交流电路	56
2.2.2 电感元件的正弦交流电路	58
2.2.3 电容元件的正弦交流电路	60

2.3 复杂正弦交流电路的分析	62
2.3.1 电路基本定律的相量形式	62
2.3.2 RLC 串联交流电路	63
2.3.3 电路谐振	66
2.4 功率因数及其提高	71
2.4.1 提高功率因数的意义	71
2.4.2 提高功率因数的措施	72
2.5 非正弦周期交流电路简介	73
2.5.1 非正弦周期量的大小与功率	74
* 2.5.2 非正弦周期交流线性电路的分析	
计算	78
学习指导	82
习题	86
第 3 章 三相交流电路	93
3.1 三相电源	93
3.1.1 三相电源的产生	93
3.1.2 三相电源的连接	95
3.2 三相电路的分析	96
3.2.1 三相电路负载的连接	96
3.2.2 三相电路的功率	101
3.3 安全用电	102
3.3.1 三相五线制供电	102
3.3.2 触电的方式	103
3.3.3 触电对人体的伤害	104
3.3.4 触电急救及预防	105
学习指导	106
习题	108
第 4 章 电路的暂态分析	110
4.1 电路的稳态与暂态	110
4.1.1 电路中暂态与稳态的概念	110
4.1.2 电路中暂态产生的原因	111
4.1.3 换路定则	112
4.1.4 电路中初始值与稳态值的确定	112
4.2 一阶线性电路的暂态响应	114
4.2.1 三要素法	114

4.2.2 例题讲解	117	6.4.1 多级放大电路及级间耦合方式	191
4.3 一阶电路的矩形波响应	120	6.4.2 多级放大电路的性能分析	192
* 4.4 一阶电路的正弦响应	123	6.4.3 多级放大电路的工作点稳定 问题	193
* 4.5 二阶线性电路的暂态响应	124	6.5 差分放大电路	194
4.5.1 二阶电路的微分方程	124	6.5.1 差分放大电路的基本结构和工作 原理	194
4.5.2 二阶微分方程的解	125	* 6.5.2 具有恒流源的差分放大电路	197
学习指导	128	6.6 功率放大电路	198
习题	134	6.6.1 功率放大电路的基本概念	198
第5章 半导体器件基础	140	6.6.2 互补对称功率放大电路	199
5.1 半导体与PN结	142	6.6.3 复合管	201
5.1.1 本征半导体	142	学习指导	202
5.1.2 杂质半导体	142	习题	208
5.1.3 PN结	143	第7章 集成运算放大器及其应用	213
5.2 二极管及其应用	145	7.1 集成运算放大器简介	213
5.2.1 二极管的结构、伏安特性及参数	145	7.1.1 运放的主要参数	214
5.2.2 二极管的应用	147	7.1.2 运放的特性	215
5.2.3 特殊二极管简介	151	7.2 负反馈及其对运放的影响	216
5.3 双极型晶体三极管	153	7.2.1 负反馈的概念及作用	216
5.3.1 晶体三极管的结构、符号	153	7.2.2 负反馈对运放特性的影响	220
5.3.2 三极管的伏安特性	154	7.3 运放构成的线性运算电路	221
5.3.3 三极管的主要参数	157	7.3.1 比例运算电路	222
5.3.4 三极管构成放大电路	159	7.3.2 加减法运算电路	224
5.4 场效应管	160	7.3.3 信号转换电路	227
学习指导	165	7.3.4 微分、积分运算电路	228
习题	168	7.4 有源滤波器	231
第6章 放大电路分析	172	7.4.1 滤波器的传递函数	231
6.1 放大电路的基本概念	172	7.4.2 无源滤波器	232
6.1.1 放大电路的基本概念	172	7.4.3 有源滤波器	234
6.1.2 放大电路的性能指标	172	7.5 运放的非线性应用	237
6.2 三极管放大电路	174	7.5.1 单门限电压比较器	237
6.2.1 共发射极放大电路	174	7.5.2 滞回比较器	239
6.2.2 静态工作点稳定的共发射极 放大电路	180	7.6 信号产生电路	241
6.2.3 共集电极放大电路(射极 输出器)	182	7.6.1 方波产生电路	241
6.3 场效应管放大电路	185	7.6.2 锯齿波产生电路	243
6.3.1 场效应管放大电路的偏置电路	186	7.6.3 正弦波产生电路	244
6.3.2 场效应管放大电路的分析	187	学习指导	254
6.3.3 场效应管放大与三极管放大的 比较	191	习题	260
6.4 多级放大电路	191	第8章 直流稳压电源	270
		8.1 直流稳压电源简介	270

8.2 整流电路	271	10.3.2 异步计数器	373
8.2.1 单相整流电路	271	10.3.3 集成计数器	375
8.2.2 三相整流电路	275	10.3.4 任意进制计数器	376
8.3 滤波电路	276	10.4 寄存器	378
8.3.1 电容滤波电路	276	10.4.1 数码寄存器	378
8.3.2 其他滤波电路	279	10.4.2 移位寄存器	380
8.4 稳压电路	280	10.5 集成 555 定时器	382
8.4.1 稳压二极管稳压电路	280	10.5.1 电路结构及工作原理	382
8.4.2 串联线性稳压电路	282	10.5.2 用 555 定时器构成施密特 触发器	383
8.4.3 三端集成稳压器	283	10.5.3 用 555 定时器构成单稳态 触发器	385
*8.5 开关电源	287	10.5.4 用 555 定时器构成多谐 振荡器	387
学习指导	289	学习指导	389
习题	293	习题	394
第 9 章 门电路与组合逻辑电路	298	第 11 章 可编程逻辑器件	403
9.1 数字电路基础	298	11.1 PLD 简介	403
9.1.1 数字逻辑基础	298	11.1.1 PLD 的发展史	403
9.1.2 逻辑运算与逻辑门电路	303	11.1.2 电路表示法	404
9.1.3 逻辑代数的公式与定理	312	11.2 低密度可编程逻辑器件	405
9.1.4 逻辑函数的表示与化简	315	11.2.1 可编程只读存储器 PROM	405
9.2 组合逻辑电路的分析和设计	319	11.2.2 可编程逻辑阵列 PLA	405
9.2.1 组合逻辑电路的分析	319	11.2.3 可编程阵列逻辑 PAL 和通用 阵列逻辑 GAL	406
9.2.2 组合逻辑电路的设计	320	11.3 高密度可编程逻辑器件	409
*9.2.3 竞争-冒险现象	322	11.3.1 CPLD 的结构特点	409
9.3 常用的组合逻辑电路	323	11.3.2 FPGA 的结构特点	410
9.3.1 加法器	323	11.4 可编程逻辑器件的编程	412
9.3.2 编码器	325	11.4.1 软件设计流程	412
9.3.3 译码器	329	11.4.2 硬件描述语言	413
*9.3.4 数据选择器	336	学习指导	414
学习指导	338	习题	415
习题	345	第 12 章 数模和模数转换	416
第 10 章 触发器和时序逻辑电路	354	12.1 数模转换器	417
10.1 双稳态触发器	354	12.1.1 倒 T 型电阻网络 DAC	417
10.1.1 不同触发方式的触发器	355	12.1.2 集成 DAC 及其应用	418
10.1.2 不同功能的触发器	360	12.1.3 转换精度与转换速度	419
10.1.3 触发器的逻辑转换	365	12.2 模数转换器	421
10.2 时序逻辑电路的分析	366	12.2.1 采样和保持	421
10.2.1 时序逻辑电路的分析方法	367	12.2.2 量化和编码	422
10.2.2 分析同步时序逻辑电路	367		
10.2.3 分析异步时序逻辑电路	369		
10.3 计数器	371		
10.3.1 同步计数器	371		

12.2.3	逐次比较 ADC	423	学习指导	430
* 12.2.4	双积分 ADC	425	习题	432
* 12.2.5	集成 ADC 及其应用	428	附录 Multisim 使用说明	434
12.2.6	转换精度与转换速度	429	主要参考书目	455

第 1 章 电路的基本概念和基本分析方法

Chapter 1 Basic Concepts and Analysis Methods of Circuits

本章内容	基本要求:理解电压、电流、功率等基本电量,理解参考方向的意义;理解基尔霍夫定律;理解电路模型及理想电路元件(电阻、电压源和电流源)的电压-电流关系;理解电源的两种模型及其等效变换,理解戴维宁定理和最大功率传输原理,了解额定值的意义;理解支路电流法、弥尔曼定理和叠加定理。
1.1 电路的基本概念	
1.2 电路的基本定律	
1.3 理想电路元件	
1.4 电路的等效化简分析方法	
1.5 电路的其他分析方法	
学习指导	
习题	

电是一种静止或移动的电荷所产生的物理现象,电的发现和应用极大地节省了人类的体力劳动和脑力劳动。电对人类生活的影响有两方面:能量的获取、转化和传输,电子信息技术的应用。

早在两千五百多年以前,古希腊人泰勒斯(640—546)发现琥珀的摩擦会吸引绒毛或木屑,他将这种现象称为静电(Static Electricity),并第一个提出了“电”这个词。而英文中的电(Electricity)在古希腊文的意思就是“琥珀”(Amber),希腊文的静电为 Elektron。泰勒斯对电现象进行了深入研究,将电解释为阴阳两极现象。

公元 1600 年,英国人吉尔伯特(1544—1603)对电现象做了多年实验,他发明了验电器(如图 1.0.1 所示),这为后来人们对电进行更科学的研究提供了试验基础,并以希腊语“electron”定义“电子”一词。他发现了“电力”、“电吸引”等许多科学现象,并最先使用了“电力”“电吸引”等专用术语。吉尔伯特是世界上第一个从系统的科学原理上来研究电现象的人,因此许多人称他是电学研究之父。在吉尔伯特之后的 200 年中,又有很多人做过多次试验,不断地积累对电的现象的认识。

18 世纪中叶,在大洋彼岸的美国,科学家富兰克林(1706—1790)又做了多次实验,进一步揭示了电的性质,并提出了电流这一术语。富兰克林对电学的另一重大贡献,就是通过 1752 年著名的风筝实验(如图 1.0.2 所示)“捕捉天电”证明了天空的闪电和地面上的电是一回事。他用金属丝把一个很大的风筝放到云层里去。金属丝的下端接了一段绳子,另在金属丝上挂了一串钥匙。当时富兰克林一只手拉住绳子,另一只手轻轻触及钥匙,于是他立即感到一阵猛烈的冲击(电击),同时还看到手指和钥匙之间产生了小火花。这个实验表明:被雨水湿透了的风筝的金

属线变成了导体,把空中闪电的电荷引到手指与钥匙之间。这在当时是一件轰动一时的大事。一年后富兰克林制造出了世界上第一个避雷针。

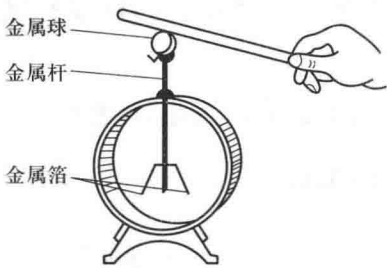


图 1.0.1 验电器

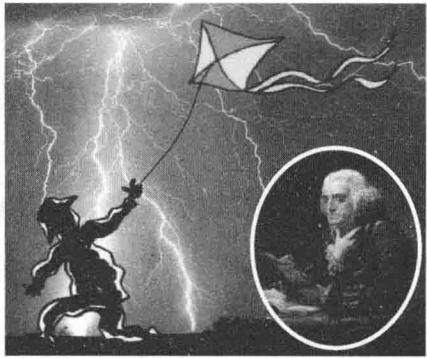


图 1.0.2 富兰克林的风筝实验

电流现象的研究对于人们深入研究电学和电磁现象有着重要的意义。最早开始电流研究的是意大利的解剖学教授伽伐尼(1737—1798)。伽伐尼的发现源自于 1780 年的一次极为普通的闪电现象。闪电使伽伐尼解剖室内桌子上与钳子和镊子连环接触的一只青蛙腿发生痉挛现象。严谨的科学态度,使他没有放弃对这个“偶然”的奇怪现象的研究。他花费了整整 12 年的时间,研究像青蛙腿这种肌肉运动中的电气作用。最后,他发现如果使青蛙腿的神经和肌肉同两种不同的金属(例如铜丝和铁丝)接触,青蛙腿就会发生痉挛。这种现象是在一种电流回路中产生的现象。但是,伽伐尼对这种电流现象的产生原因仍然未能回答,他认为青蛙腿的痉挛现象是“动物电”的表现,由金属丝构成的回路只是一个放电回路。

伽伐尼的看法在当时的科学界中引起了巨大的反响,但是,另一位意大利科学家伏打(1745—1827)不同意伽伐尼的看法,他认为电存在于金属之中,而不是存在于肌肉中,两种明显不同的意见引起了科学界的争论,并使科学界分成两大派。

1800 年春,有关电流起因的争论有了进一步的突破。意大利人伏打发明了著名的“伏打电池”(如图 1.0.3 所示)。这种电池是由一系列圆形锌片和银片相互交叠而成的装置,在每一对银片和锌片之间,用一种在盐水或其他导电溶液中浸过的纸板隔开。银片和锌片是两种不同的金属,盐水或其他导电溶液作为电解液,它们构成了电流回路。这是一种比较原始的电池,是由很多银锌电池连接而成的电池组。但在当时,伏打能发明这种电池确是很不容易的。

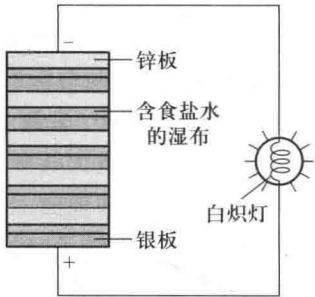


图 1.0.3 伏打电池

伏打电池的发明使人们第一次获得了可以人为控制的持续电流,为今后电流现象的研究提供了物质基础,也为电流效应的应用打开了前景,并很快成为进行电磁学和化学研究的有力工具。

1821 年英国人法拉第(1791—1867)完成了一项重大的电发明。在这两年之前,奥斯特已发现如果电路中有电流通过,它附近的普通罗盘的磁针就会发生偏移。法拉第从中得到启发,认为假如磁铁固定,电线圈就可能会运动。根据这种设想,他成功地发明了一种简单的装置。在装置内,只要有电流通过线路,线路就会绕着一块磁铁不停地转动。事实上法拉第发明的是第一台电动机,是第一台使用电流将物体运动的装置。虽然装置简陋,但它却是今天世界上使用的所有电动机的祖先。

1831 年,法拉第制出了世界上最早的一台发电机。他发现一块磁铁穿过一个闭合线路时,线路内就会有电流产生,这个效应叫电磁感应。一般认为法拉第的电磁感应定律是他的一项最伟大的贡献。

电的发现可以说是人类历史的革命,由它产生的动能每天都在源源不断的释放,如果没有电,人类的文明还会在黑暗中探索。

本章将以直流电路为例,逐一介绍电路的基本概念、基本定律和基本分析方法。

1.1 电路的基本概念

1.1 Basic Concepts of Circuits

1.1.1 电路的功能及组成

1. 电路的功能

电路(Circuit)就是电流(Current)的通路,是一种由导线将各种电气设备或元件连接而成的、以实现某些特定功能的电流的通路。实际的电气或电子系统由各种不同结构和形式的电路构成,电路的功能决定了系统的功能。电气电子领域的工程师设计电气电子系统的时候,希望解决的问题主要分为两个方面:

(1) 完成电能与各种形式的能量之间的转换、传输和分配。例如,如图 1.1.1 所示车灯电路,蓄电池(电源)和车灯(负载)经过开关和导线连接起来完成了将电能经导线传输转换成光能进行照明的功能(能量的转换、传输和分配)。

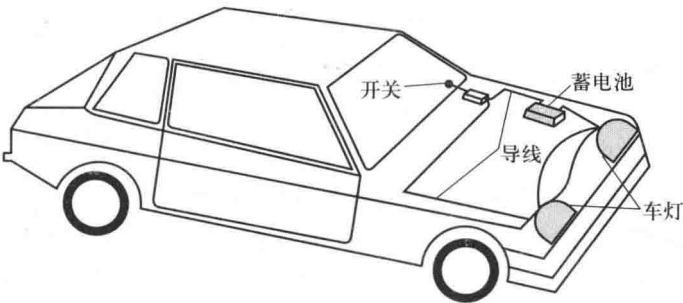


图 1.1.1 车灯电路

(2) 完成信息的收集、存储、传递和处理。例如,如图 1.1.2 所示的地理信息系统示意图,该系统由收集信息——空间数据获取,即将非电信号转换成电信号并存储(信号源);存储、处理与传输信息——空间数据输入、分类和空间数据管理,即传递信息(中间环节);显示信息——在用户系统中带有软件的数据处理设备和“控制/显示”装置的设备上显示(负载)等部分组成。该系统完成将非电信息转换成电信息,通过存储、处理、传输,在用户端还原并显示的功能。

2. 电路的组成

在车灯电路中,电池将其内部的化学能转换成电能,在开关的控制下,经过导线送到车灯,然后由车灯将电能转换成光能。因此,其组成可分为:电池(电源)、车灯(负载)和开关与导线(中间环节)。

在地理信息系统中,空间数据库通过空间数据输入将信息转换成电信息(信号源)并进行存储与管理,用户根据需要通过 Internet 在计算机上接受并显示该信息。因此,该系统组成可分为:空间数据库(信号源)、用户电脑显示(负载)和空间数据管理与传送(中间环节)。

虽然电路的种类很多,但无论电路的复杂程度如何,都由三大部分组成:

- ① 电源、信号源——将非电能转换成电能或将非电量转换成电量的部分;
- ② 负载——将电能转换成其他形式的能量或将电信号转换成其他信息的部分;
- ③ 中间环节——连接电源与负载的导线、开关及其他控制保护元件。

电路的组成框图如图 1.1.3 所示。



图 1.1.2 地理信息系统示意图

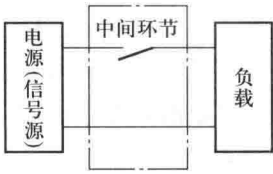


图 1.1.3 电路的组成框图

3. 电路模型(circuit model)

根据电路实现的功能不同,实际电路都是由一些起不同作用的实际电路元件或器件组成的,如电池、白炽灯、发电机、变压器、话筒、扬声器等,这些实际元器件的电磁性能较为复杂,例如白炽灯,它除了具有消耗电能的性质(电阻性)外,当电流通过时也会产生磁场,即它具有电感性,但由于它的电感很微小,为简化分析,可以忽略电感,将白炽灯看作是一个纯电阻性的元件。为了便于对实际电路进行分析计算,我们将实际电路元器件理想化(或称模型化),即在一定条件下只考虑元器件的主要电磁性能,而忽略其次要因素,把它近似地看作理想电路元件。复杂的实际电气元件可由多个理想电路元件组成,由理想电路元件所组成的电路,称为实际电路的电路模型,简称电路。

图 1.1.4 为车灯电路的电路模型。在该图中,电阻元件 R 是车灯的电路模型;电压源 E 和电阻 R_0 (称为电源的内阻)串联作为蓄电池的模型;连接导线用电阻忽略不计的理想导线表示。

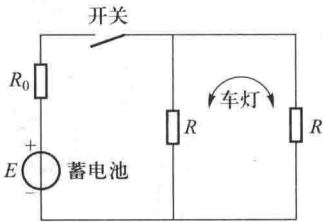


图 1.1.4 车灯电路的电路模型

理想电路元件是组成电路模型的最小单元,是具有某种